

LA DENSIDAD DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS: UN INDICADOR DEL CARÁCTER Y LA INTENSIDAD DE LOS PROCESOS OCEANOGRÁFICOS EN EL OCCIDENTE DEL GRAN CARIBE

por Sergio Cerdeira Estrada,

Nelson Melo González,

Roberto Pérez de los Reyes,

Ivan Victoria del Rio

*Instituto de Oceanología (IDO).
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)
Ave. 1ra. No. 18406 entre 184 y 186. Reparto Flores,
Playa, Habana 21, Ciudad de La Habana, Cuba. C. P. 12100
Telfs. +53 7 21-6008, 21-2268, 21-1380, 21-1424,
21-0300 Fax: +53 7 33-9112*

y Frank E. Müller-Karger

*Departamento de Ciencias Marinas.
Universidad del Sur de la Florida (USF)
140 Seventh Avenue South. St. Petersburg, FL 33701. USA
Telf. (813) 893-9186 Fax: (813) 893-9103, 893-9189
E-mail: carib@carbon.marine.usf.edu*

Resumen

- [Introducción](#)
- [Materiales y métodos](#)
 - [Procesamiento digital de imágenes](#)
 - [Situación geográfica de las estaciones](#)
- [Resultados y Discusión](#)
 - [Estadística de las imágenes](#)
- [Conclusiones](#)
- [Bibliografía](#)
- [Figuras](#)

Introducción

El Mar Interamericano sirve de cauce aproximadamente a un 50% del transporte asociado al sistema de corrientes occidentales del Atlántico en el hemisferio norte. Se

asume, que esta cuenca juega un papel importante en la transferencia de calor y masa entre los sistemas de giros tropical y subtropical, por tanto, en la conformación del clima en el hemisferio Norte.

El hecho de ser un mar tropical semicerrado le confiere un carácter oligotrófico. La causa fundamental de la baja productividad biológica en sus aguas oceánicas es la fuerte estratificación y estabilidad térmica que dificulta la entrada de nutrientes a la capa eufótica ([Margalef, 1969](#); [Corredor, 1977](#)).

La región oriental del Caribe ha sido objeto de múltiples estudios que demuestran que la alta variabilidad de sus condiciones oceanográficas, surgencias en su margen sur y la descarga de los ríos Orinoco y Amazonas produce fluctuaciones en la riqueza planctónica ([Smayda, 1965](#); [Jromov, 1967](#); [Margalef, 1969](#); [Müller-Karger, 1989](#)).

La región occidental por otro lado, ha sido poco estudiada, y los trabajos realizados no han tenido un carácter sistemático. A pesar de la poca información existente, [Jromov \(1967\)](#) concluye que el plancton es pobre en esa región y no presenta variaciones estacionales debido a la alta estabilidad de las condiciones oceanográficas.

El plancton juega un significativo papel en los procesos de intercambio océano-atmósfera de gases de vital importancia desde el punto de vista climático, como el CO₂ (segundo contribuyente al efecto invernadero, [Holligan, \(1992\)](#)) y el dimetilsulfuro (principal fuente de núcleos de condensación de nubes en la atmósfera marina [Keller, \(1989\)](#)). Por esta razón los estudios climáticos regionales incluyen la distribución y riqueza del fitoplancton a través de las imágenes de satélite de color del mar.

Es conocida la relación existente entre la distribución del fitoplancton y el carácter de los procesos dinámicos propios de una región ([Yentsch, 1982](#)). La que se aborda en este estudio se caracteriza por fenómenos dinámicos realmente interesantes.

En las aguas al Sur de Cuba según ([Victoria et al., 1990](#)) se reporta la existencia de giros circulatorios ciclónicos y anticiclónicos que tienen grandes implicaciones ecológicas y hallan un fiel reflejo en la distribución del plancton ([Pérez et al., 1990](#); [Melo et al., 1995](#)).

Por su parte el Canal de Yucatán y el Estrecho de la Florida son zonas de dinámicas muy conspicuas y esta compleja combinación de factores físicos influyen de forma muy directa sobre la distribución de las comunidades planctónicas. De esta forma, adosados al talud izquierdo de la corriente, aparecen zonas de elevada concentración de pigmentos del fitoplancton asociados a fenómenos de afloramiento que se producen en estas zonas ([Pérez et al., 1996](#); [Merino et al., 1992](#)).

Tan estrecha es la relación entre ambos fenómenos, que se utiliza la distribución en los pigmentos de fitoplancton como indicador del carácter e intensidad de los procesos oceanográficos.

El sensor de color del mar Coastal Zone Color Scanner (CZCS) colocado a bordo del satélite Nimbus-7, permitió durante ocho años la cartografía sinóptica de la concentración de pigmentos cerca de la superficie y brinda la posibilidad de estudiar fenómenos oceanográficos superficiales dado que los pigmentos del fitoplancton sirven de trazadores visuales de la circulación superficial. [Melo et al., \(1995\)](#), describieron la estacionalidad de la densidad de pigmentos superficiales en la región, a partir del análisis de una serie de imágenes promedios mensuales de color del mar durante tres años (1979-1981), usando el sensor CZCS y la vincularon con la estructura de la capa superior mezclada.

El objetivo de este estudio es establecer la relación de la densidad de pigmentos fotosintéticos de las aguas del Mar Caribe con los fenómenos oceanográficos que actúan como factores fertilizadores de la región, en la zona en que las aguas del Caribe interactúa con las del Golfo de México y su variabilidad estacional a través del análisis de las imágenes y datos obtenidos con el sensor espacial de color del mar CZCS.

Materiales y métodos

Procesamiento digital de imágenes

El CZCS provee un estimado de la radianza dispersada por la capa superficial del mar, empíricamente relacionada a la densidad superficial de pigmentos del fitoplancton en aguas claras oceánicas Caso I de tipos de aguas [Morel y Prieur \(1977\)](#).

Estimados sinópticos de la concentración de pigmentos superficiales fueron calculados a partir de la selección y procesamiento de todos los datos válidos de pases del satélite sobre la zona de interés ([Fig. 1](#)) en áreas mayores a 100 x 100 Km. durante la vida útil del sensor CZCS (1978-1986), realizado en el Departamento de Ciencias Marinas de la Universidad del Sur de la Florida (USF).

Con estos pases se integraron 869 imágenes compuestas diarias del CZCS a 4 Km. de resolución espacial para cada elemento de la imagen (pixel), procedentes del remuestreo de los datos de las imágenes originales a 1 Km. de resolución espacial. Las imágenes resultantes se transformaron a la proyección cilíndrica equidistante formando matrices de 512 x 512 elementos y se remapearon geográficamente con límites desde los 18° a los 26° N y 73° a los 88° O.

Las imágenes representan un estimado de la concentración de pigmentos en la primera profundidad óptica, que a bajas concentraciones (0.04 - 0.5 mg m⁻³) en zonas oceánicas equivale a profundidades entre 1 y 10 m. Los valores de esta concentración son estimados a partir de la radianza que sale de la superficie del mar en las bandas azul (443 nm), verde - azul (520 nm) y verde (550 nm) ([Gordon et al., 1983a](#)). Areas donde faltan datos, así como la tierra, las nubes, o áreas con altas reflectancias por influencia del fondo de la plataforma o brillo solar en la superficie son eliminadas por un algoritmo de máscara y presentadas en negro o blanco (nivel de gris cero o 256). En aguas oceánicas relativamente claras, el estimado de pigmentos superficiales está dentro del 30-40 % de la concentración real de pigmentos de fitoplancton ([Gordon et al., 1982](#) y [1983](#)). En zonas costeras y de plataformas, estas concentraciones son menos confiables y deben ser consideradas sólo cualitativamente ([Barale et al., 1986](#)).

Patrones coherentes de concentración de pigmento superficial de la zona de interés son muy difíciles de observar en imágenes CZCS individuales, o incluso composiciones semanales, dado la amplia cobertura nubosa. Por esto se calcularon imágenes medias mensuales como unidad de análisis, quedando 92 imágenes promedio mensual (Nov. 1978 - Jun. 1986) y de ahí se seleccionaron las seis estaciones de muestreo.

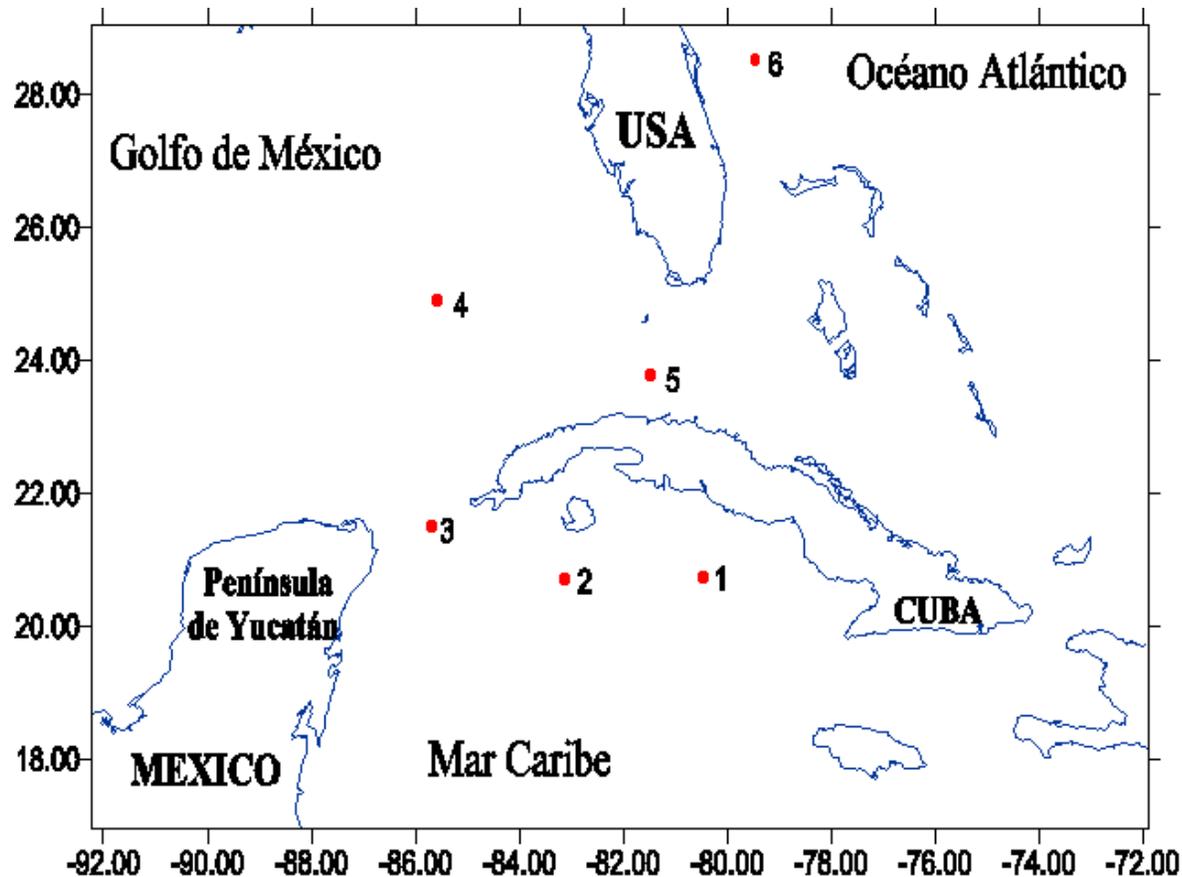


Fig. 1.- Situación geográfica de las imágenes y de los puntos analizados en las series temporales del CZCS

Los cambios estacionales en la concentración de pigmentos fueron analizados calculando promedios de imágenes por semestres en el período (1978-1986). Debido a la poca variabilidad estacional propia de la región, se definieron dos temporadas climáticas: como invierno, el periodo de octubre a marzo y como verano de abril a septiembre. En este cálculo se excluyeron los elementos de imagen que contenían nubes o datos incorrectos.

Para una mejor visualización de las imágenes se diseñó una paleta con 256 colores y máximo contraste para las concentraciones que ocurren con mayor frecuencia en estas zonas oceánicas (0.04 mg m^{-3} - 2.25 mg m^{-3}). En esta zona geográfica, valores superiores a 2.25 mg m^{-3} están asociados fundamentalmente a zonas costeras o de plataforma y se representaron con tonos de gris. En general para las imágenes CZCS las concentraciones de pigmentos sobre la plataforma de Cuba son siempre altas (mayor que 5.0 mg m^{-3}) y caen en el Caso II de tipos de aguas de [Morel y Prieur \(1977\)](#). Las zonas con baja concentración de pigmentos se ven como púrpura o azul, las zonas con mayores concentraciones aparecen en tonos de verde - amarillo y las zonas con concentración elevada aparecen como naranja, rojo, carmelita. Valores superiores a 2.25 mg m^{-3} se representan en tonos de gris, del negro al blanco.

Un análisis de la cobertura espacial de nubes en la imágenes mensuales mostró que su distribución espacial en toda el área no responde a un patrón establecido, sin embargo se observa un incremento de la nubosidad en los últimos años. Las zonas afectadas por nubes o valores no válidos en imágenes sucesivas disminuyen el valor estadístico de los parámetros calculados respecto a áreas con sólo datos válidos. Se estimó que la presencia de nubes no afectó significativamente la representación espacial o estacional de los promedios de pigmentos obtenidos.

Situación geográfica de las estaciones

La variación temporal y espacial en la concentración de pigmentos se examinó usando 6 puntos (estaciones) de interés en la zona ([Fig. 1](#), [Tabla 1](#)).

Tabla 1. Ubicación de las 6 estaciones de muestreo de concentración de pigmentos.

ESTACIONES	UBICACION DE LOS PUNTOS	LONGITUD	LATITUD
1	Sur de Cienfuegos. Sur de Cuba.	80° 58'	20° 83'
2	Suroeste de la Isla de la Juventud. Cuba.	83° 10'	20° 75'
3	Canal de Yucatán	85° 83'	21° 58'
4	Golfo de México. Corriente del Lazo	85° 83'	24° 92'
5	Estrecho de la Florida.	81° 50'	23° 83'
6	Oeste de la Florida. USA.	79° 50'	28° 50'

Resultados y Discusión

Estadística de las imágenes

En las estaciones seleccionadas se obtuvo información de la concentración de pigmentos sobre las 92 imágenes medias mensuales con resolución geométrica de 4 km. x 4 km., en una matriz de 3 x 3 elementos (que equivale a un área de 12 x 12 Km.). Se calculó el **valor medio**, la **desviación standard**, los **valores extremos** (máximo y mínimo) y el **rango de variación** ([Tabla 2](#)).

Tabla 2. Parámetros estadísticos de las series temporales de concentración de pigmentos en las 6 estaciones de muestreo.

Estaciones	1	2	3	4	5	6
Cantidad de muestras [n]	78	75	79	78	85	66
Valor promedio de pigmentos [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$]	0.076	0.081	0.100	0.105	0.098	0.121
Desviación Standard [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$]	0.034	0.034	0.046	0.055	0.052	0.060
Valor mínimo observado [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$]	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.049
Valor máximo observado [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$]	0.183	0.169	0.328	0.292	0.280	0.307
Rango de variación [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$]	0.142	0.128	0.287	0.251	0.239	0.258

Las imágenes medias semestrales (estacionales de invierno y verano) y anuales de concentración de pigmentos se calcularon usando todas las 869 imágenes válidas en el área durante la misión del sensor CZCS (1978-1986) ([Figs. 2, 3 y 4](#)). Las estaciones 1 y 2 muestran valores máximos, promedios y rangos de variación mucho más bajos que el resto, confirmando de esta manera la diferenciación existente entre las aguas del Caribe y del Golfo de México.

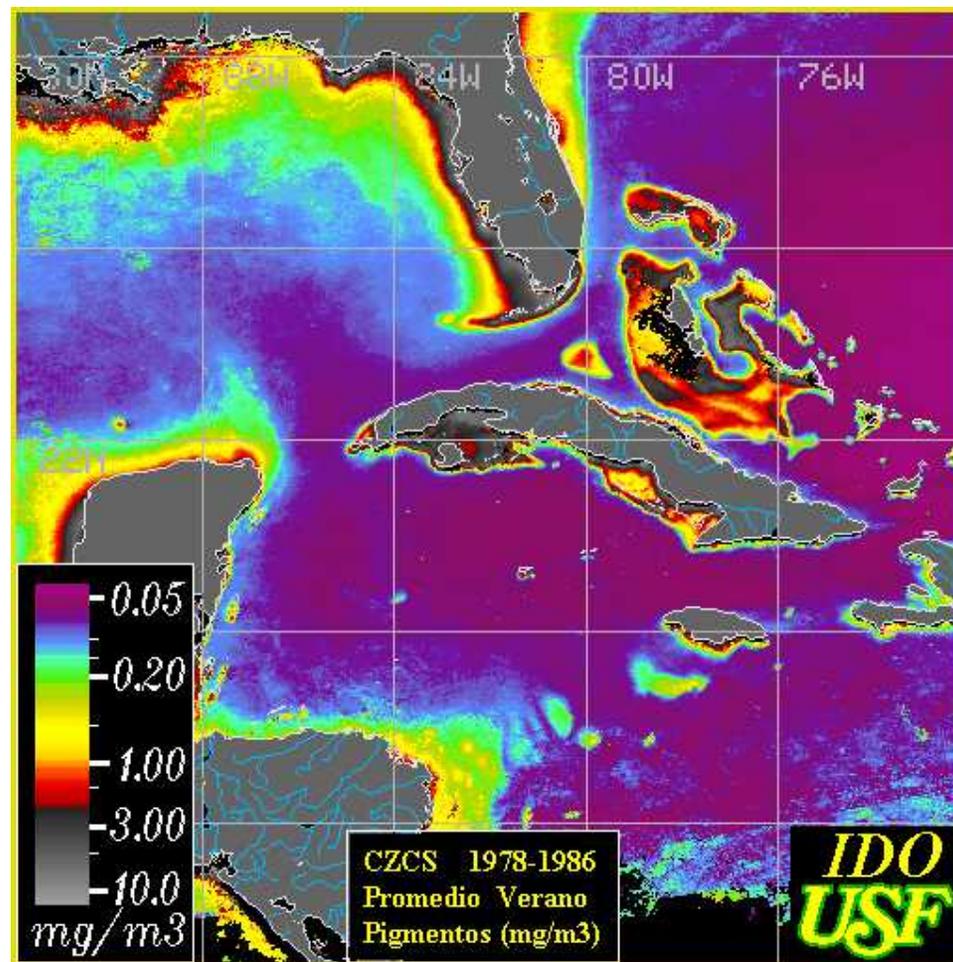


Fig. 2. Imagen promedio de verano (abril-septiembre) de 1978 a 1986

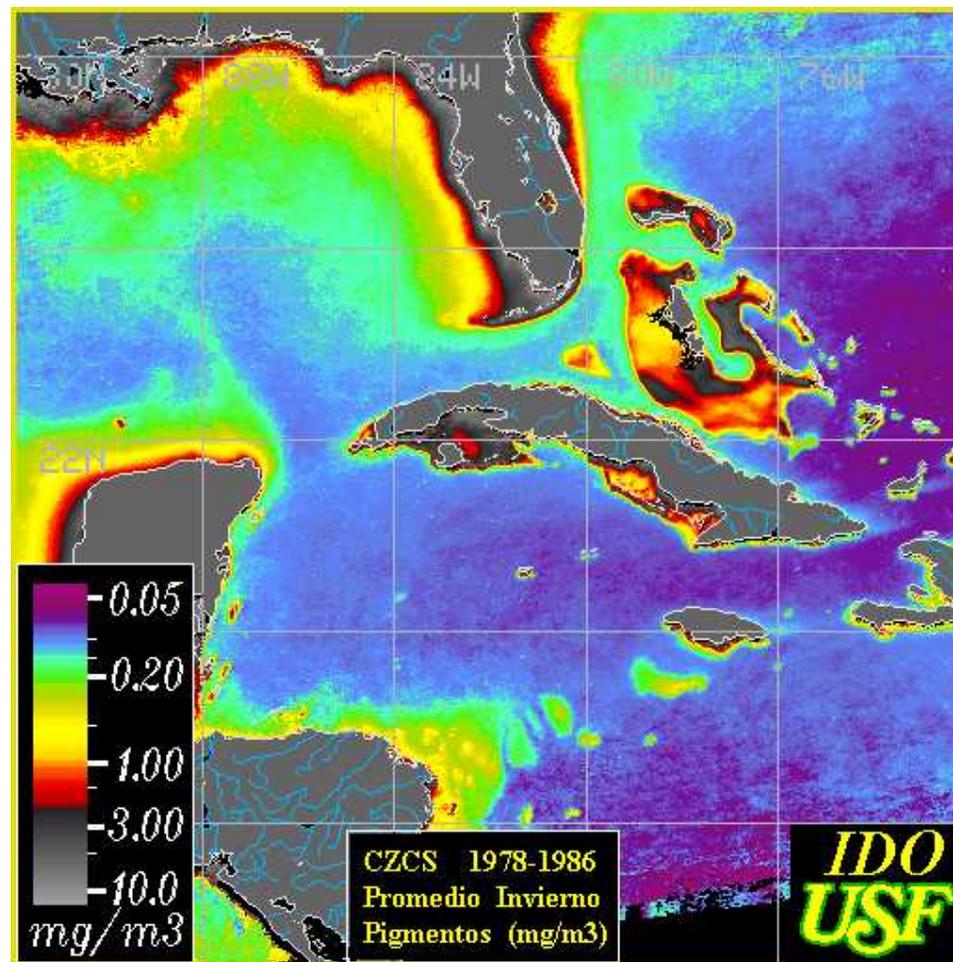


Fig. 3. Imagen promedio de invierno (octubre-marzo) de 1978 a 1986

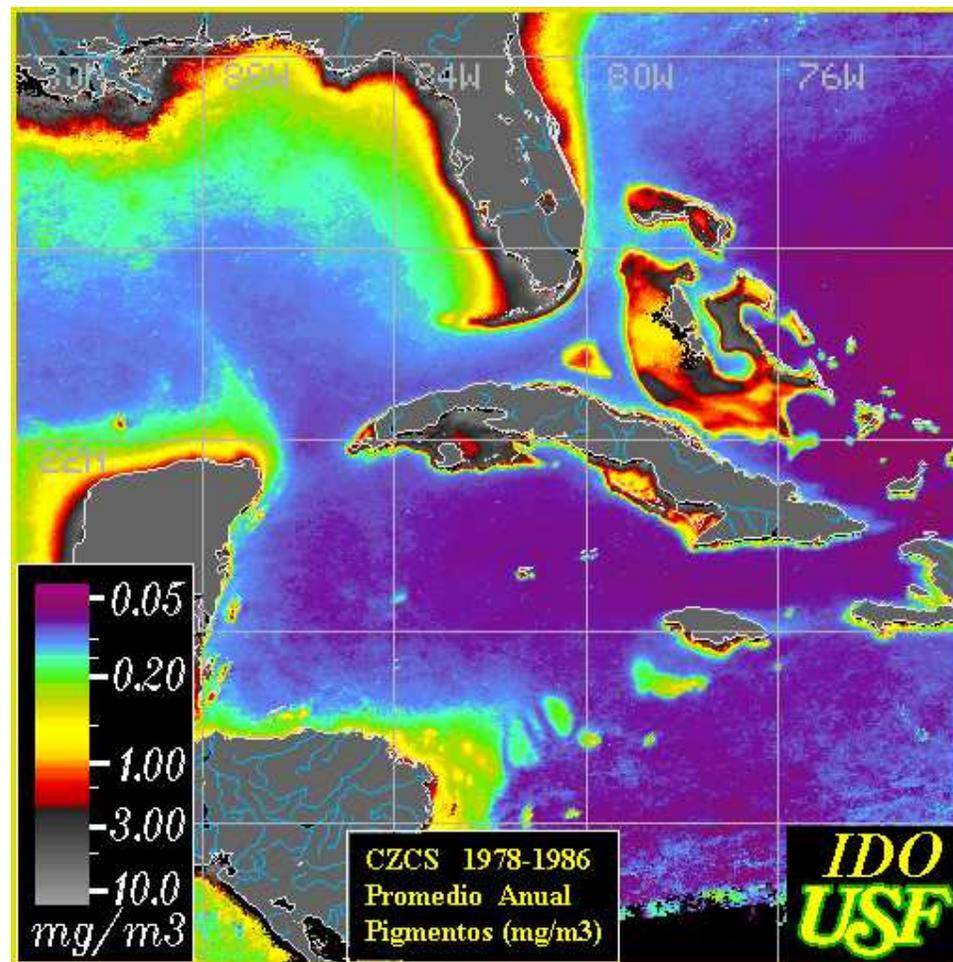


Fig. 4. Imagen promedio anual de 1978 a 1986

Se aplicó una **comparación estadística de medias**, entre pares de estaciones, con los promedios de pigmentos para las seis estaciones, con el objetivo de determinar el grado de similitud que existe entre ellas, resultando que existe una estrecha semejanza en la media entre las estaciones 3 y 5, correspondientes al Canal de Yucatán y el Estrecho de la Florida. Además existen semejanzas en la media menos marcadas entre las estaciones 1 con la 2, la 3 con la 4 y la 4 con la 5, a diferencia del resto de las parejas de estaciones, cuya relación de sus medias es prácticamente nula. A continuación se muestra la matriz resultante,

MATRIZ	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6
Estación 1	1	-	-	-	-	-
Estación 2	0.3646	1	-	-	-	-
Estación 3	0.0003	0.0430	1	-	-	-
Estación 4	0.0001	0.0015	0.5374	1	-	-
Estación 5	0.0018	0.0170	0.7951	0.4049	1	-

Estación 6	0	0	0.0184	0.0975	0.0128	1
-------------------	---	---	--------	--------	--------	---

Los altos valores de relación entre las medias de las estaciones 3-4, 4-5 y 3-5 se explican si tenemos en cuenta que todas estas estaciones están ubicadas sobre el eje de una corriente intensa, que siempre aparece asociada a la formación de zonas frontales en su borde izquierdo. La relación en la pareja 3-5 es mayor que la relación entre las parejas 3-4 y 4-5 porque en estas últimas está incluida la estación correspondiente a la Corriente del Lazo, la cual tiene características muy semejantes a las de la Corriente de Yucatán y La Florida, pero su ubicación es muy variable, debido al complicado proceso de formación de anillos, propio de esta zona. Por ello, en el proceso de promediación de los datos iniciales, muchos de los rasgos correspondientes a esta corriente sencillamente desaparecen, y disminuye por tanto su relación estadística con sus dos estaciones vecinas. Además las estaciones 3 y 5, ambas, se sitúan en estrechos, en los cuales se intensifica la corriente y se producen fenómenos de surgencia que fertilizan los estratos superiores de la columna de agua, por lo que es de esperar que en los mismos, los procesos de intercambio gaseoso océano-atmósfera también resulten incrementados.

Cuando un par de variables tiene una media semejante esto indica que se mueven alrededor de un mismo valor, aunque los movimientos de cada una de ellas por separado pueden ser completamente diferentes. Para verificar la existencia de semejanza en la forma de dichos movimientos se calculó la **matriz de correlación cruzada simple** entre los valores mensuales de concentración media de pigmentos de clorofila ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) de las 6 estaciones, en función de los 92 meses entre noviembre de 1978 y junio de 1986. A continuación se expone la matriz de correlación,

MATRIZ	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6
Estación 1	1	-	-	-	-	-
Estación 2	0.87	1	-	-	-	-
Estación 3	0.62	0.57	1	-	-	-
Estación 4	0.71	0.67	0.48	1	-	-
Estación 5	0.83	0.75	0.65	0.78	1	-
Estación 6	0.68	0.62	0.50	0.67	0.79	1

En dicha matriz se observa que existe correlación entre las estaciones de esta región, el mayor coeficiente de correlación muestral ($r > 0.87$) corresponde a la estación 1 con la 2. De igual forma las estaciones 1 con 5, 1 con 4, 2 con 5 y 5 con 6 correlacionan con coeficiente $r > 0.71$, lo que habla a favor de la semejanza general de las estaciones consideradas.

En la [Fig. 5](#) se muestra las series temporales de las 6 estaciones de la zona que representa los valores de concentración de pigmentos de clorofila [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$] en función de los 92 meses de vida útil del sensor CZCS, entre noviembre de 1978 y junio de 1986.

Promedios mensuales de pigmentos del fitoplancton para las 6 estaciones del área. CZCS (1978-1986)

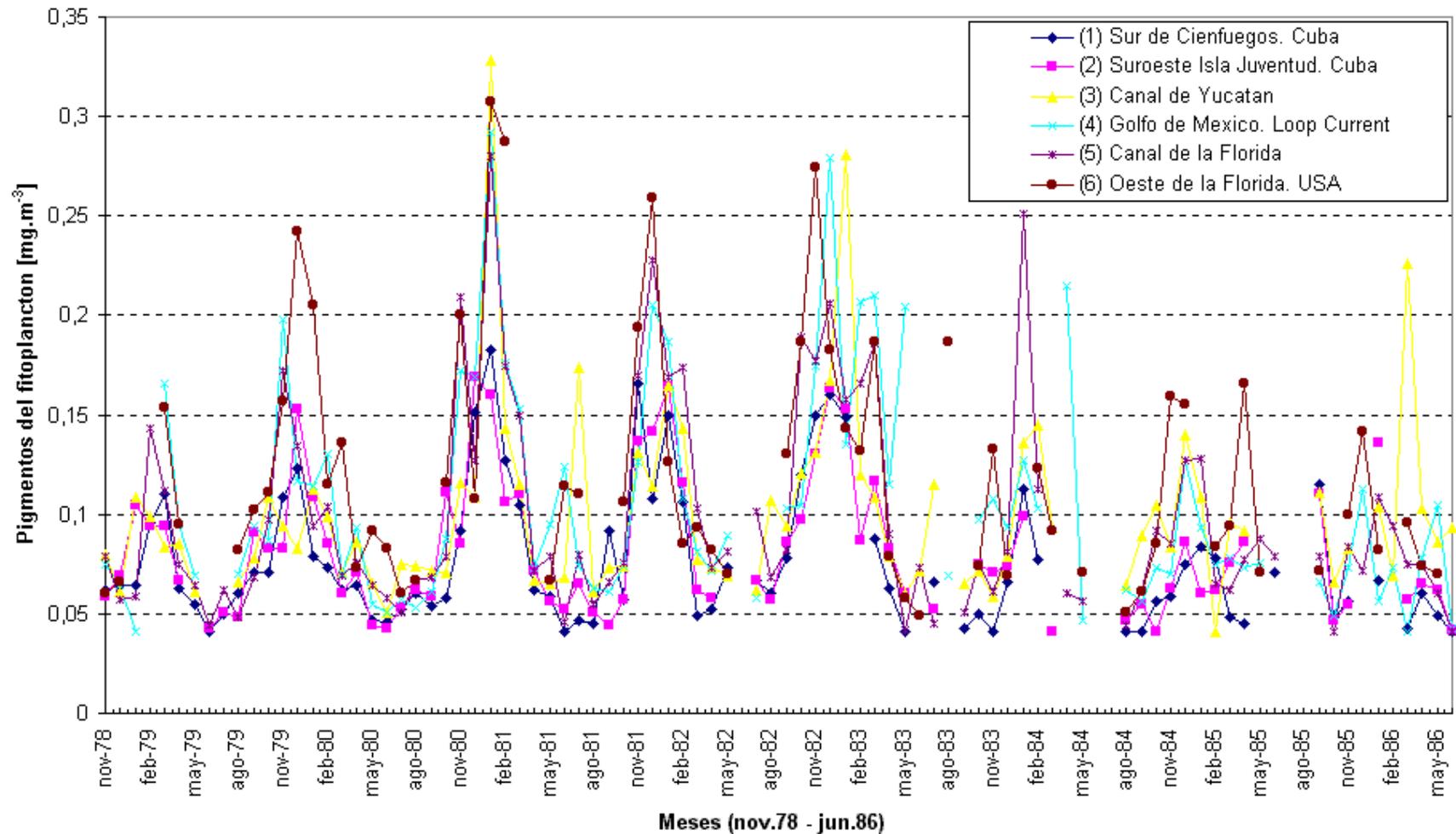


Fig. 5. Series temporales de la concentración de pigmentos en la zona.

Las estaciones del área de estudio tienen un comportamiento muy similar entre ellas, pudiendo apreciarse una notable variación estacional (Fig. 5) con un máximo medio asociado a la etapa invernal (octubre-marzo, 0.115 mg.m^{-3}) y un mínimo medio al verano (abril-septiembre, 0.072 mg.m^{-3}). El valor promedio anual para los ocho años analizados es de 0.097 mg.m^{-3} . Esto puede verse a través de las imágenes satelitarias de invierno, verano y anual del CZCS (Figs. 2, 3 y 4).

El **coeficiente de estacionalidad aditiva** para cada mes referida a la media anual por estaciones (Fig. 6) en la zona de estudio, en función de los meses del año, muestra una clara estacionalidad de las concentraciones de pigmentos. Eso confirma el criterio de que existe un comportamiento estacional muy similar entre las diferentes estaciones, apartándose de esta regularidad la estación del Canal de Yucatán en los mes de julio.

Coeficiente de estacionalidad aditiva (1978 - 1986)

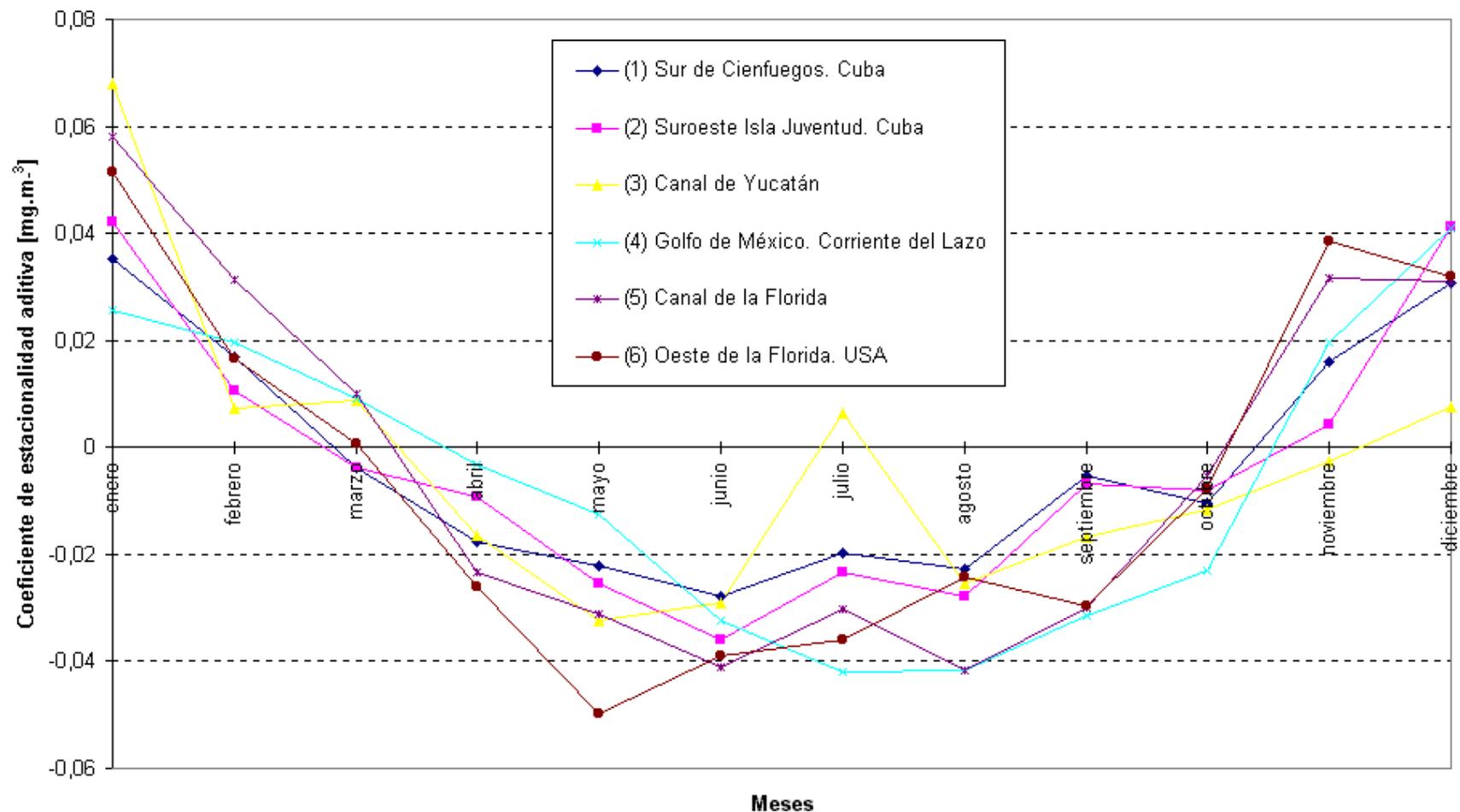


Fig. 6. Estacionalidad aditiva de la densidad de pigmentos referida a la media anual de la zona formada por las seis estaciones (1978-1986).

El máximo ocurre en los meses invernales entre octubre y marzo y el mínimo en verano entre abril y septiembre. [Pérez et al., \(1990\)](#), explican que el aumento de clorofila en invierno en aguas oceánicas al Sur de Cuba es debido al debilitamiento de la estabilidad térmica en dicha época reportado por [Victoria et al., \(1990\)](#), que provoca un mejoramiento en el régimen de nutrientes con respecto al verano ([Fernández et al., 1993](#)). La clara tendencia a la disminución de la densidad de pigmentos en el verano ([Fig. 6](#)) habla en favor del importante papel de la estabilidad térmica como determinante del contenido de clorofila en superficie ([Melo et al., 1995](#)).

Conclusiones

1. La densidad de pigmentos fotosintéticos superficiales resulta un buen indicador no sólo de los procesos oceanográficos fundamentales de la región, sino también del proceso de transformación que sufren las aguas del Mar Caribe al entrar en contacto con las del Golfo de México y de manera indirecta de la intensidad de los procesos de interacción océano-atmósfera en el área de estudio.
2. Existe en las 6 estaciones de la región un comportamiento diferente con respecto a la densidad superficial promedio de pigmentos de clorofila, en sus valores máximos y en su rango de su variación, presentando valores significativamente más altos las ubicadas próximo al eje del flujo Corriente de Yucatán - Corriente del Lazo - Corriente de La Florida, caracterizado por la presencia de zonas de altos gradientes térmicos horizontales en su periferia y por el incremento de la disponibilidad de nutrientes y de la densidad del fitoplancton.
3. El análisis del comportamiento de la concentración de pigmentos registrados por las imágenes del CZCS confirma la estacionalidad reportada para el Golfo de México por [Müller-Karger et al., \(1991\)](#); con un valor promedio de 0.072 mg.m⁻³ en el verano y 0.115 mg.m⁻³ en el invierno. El promedio anual de pigmentos para los ocho años analizados es de 0.097 mg.m⁻³.

Bibliografía

- Barale V., C.R. McClean, P. Malanotte-Rizzol . 1986. **Space and time variability of the Surface Color field in the Norther Adriatic Sea.** *J. Geophys Res.*, 91: C11, 12957-12974, *Am. Geophys. Union*
- Clarck, D.K. 1981. **Phytoplankton Pigment algorithms for the Nimbus-7 CZCS Oceanography from Space.** *Plenum Publishing Corporation* : 227-237
- Corredor, J.E. 1977. **Aspects of Phytoplankton dynamics in the Caribbean sea and adjacent regions.** Symposium on Progress in marine research in the Caribbean and adjacent regions. *FAO, Fish rep 200*, : 101-114
- Feldman, G.C. 1986. **Variability of the productive habitat in the Eastern Equatorial Pacific.** *American Geophysical Union*, 67 (9) : 106-108
- Feldman G.C. 1989. **NASA's Goddard Space Flight Center GSFC .** Greenbelt, MD
- Fernández L., A. Chirino. 1993. **Atlas Oceanográfico del Archipiélago Sabana-Camaguey.** Instituto Cubano de Hidrografía.
- Gordon, H.R. 1980. **Phytoplankton pigments from the Nimbus-7 Coastal Zone Color Scanner: Comparison with surface measurements.** *Science* Vol. 210, : 63-66
- Gordon, H.R., D.K. Clark, J.W. Brown, O.B. Brown, R.H. Evans. 1982. **Satellite measurement of the phytoplankton pigment concentration in the surface waters of a warm core Gulf Stream ring.** *J. Mar.Res.* 40, : 491-502
- Gordon, H.R., J.W. Brown, O.B. Brown, R.H. Evans, and D.K. Clark . 1983. **Nimbus 7 CZCS: Reduction of its radiometric sensitivity with time.** *Appl. Optics* 22, : 3929-3931
- Gordon, H.R., D.K. Klark, J.W. Brown, O.B. Brown, R.H. Evans and W.W. Broenlow. 1983a. **Phytoplankton pigment concentration in the middle atlantic Bight: Comparison of ship determination and CZCS estimates.** *Applied optics* (22): 20-36
- Holligan, P.M. 1992. **Do marine phytoplankton influence Global Climate?. Primary Productivity and Biochemical Cycles in the Sea.** Plenum Press: 487-501.
- Jromov, N.S. 1967. **Investigaciones del plancton en el Golfo de México y el Mar Caribe** (en ruso). Investigaciones pesqueras soviético-cubanas, *Pish. Prom.* Moscú. Tomo I, : 39-57
- Keller, M.D.; Bellow, W.R.; Guillard, R.R.L. 1989. **Dimethylsulphide preoduction in marine phytoplankton Biogenic Sulphur in the Marine Environment.** *Am. Chem. Soc. Symp. Ser.* 393: 167
- Margalef, R. 1969: **El Ecosistema pelágico del Mar Caribe.** *Memoria. Fundación "La Salle"*, 29 : 5-36
- Melo, G. N., R. Pérez, S. Cerdeira 1995. **Variación espacio-temporal de los pigmentos del fitoplancton en zonas del Gran Caribe, a partir de imágenes de satélite Nimbus 7 (CZCS).** *Avicennia*, 3: 103-116
- Merino, M. 1992. **El afloramiento de Yucatán. Estructura y fertilización.** Tesis doctoral. UNAM, México D.F.
- Morel, A., L.Prieur . 1977. **Analysis of variations in ocean color,** *Limnol. Oceanogr.*, 22,: 709-722
- Müller-Karger, F.E. 1989. **Pigment distribution in the Caribbean Sea: Observations from Space.** *Prog. Oceanog.* Vol. 23 : 23-64
- Müller-Karger, F.E. 1990. **Monthly Coastal Zone Color Scanner CZCS Composites 1979-1981.** Comunicación personal
- Muller-Karger, F.E., J.J. Walsh. 1991. **On the seasonal phytoplankton concentration and sea surface temperature cycles of the Gulf of Mexico as determined by satellite.** *J. Geophysical Research.* Vol. 96. No. C7, : 12645-12665
- Pérez R., C. Gil, S. Loza. 1990. **Variabilidad espacio-temporal del fitoplancton y sus pigmentos en aguas oceánicas al Sur de Cuba .** inédito. *Informe final de tema. Archivo científico.* Instituto de Oceanología. ACC.
- Pérez R., I. Victoria, M. Signoret, A. Gallegos, I. Penié, C. Gil, C. Bulit, N. Melo, F. E. Müller-Karger, S. Cerdeira, M. Merino. 1996. **Reporte de un Frente Hidrológico al NE de la Península de Yucatán. Manifestaciones Físicas, Químicas e Hidrobiológicas.** Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol. 2, No. 1, Julio. Publicación electrónica

ISSN NO. 1025-921X.

- Smayda, T.J. 1965. **A quantitative analysis of the phytoplankton of Gulf of Panama II.** On the relationship between assimilation and the diatone standing crop. Bull. *Inter-amer. Trop. Tuna Comis*; 9 (7): 465-531
- Statgraphics 5.0, 1991. **Statistical Graphics System # 3511781**, Statistical Graphics Corporation.
- Thomas, W.H., G. Simmons. 1960. **Phytoplankton production in the Mississippi delta, in Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico:** 103-116. *A.A. of Petroleum Geologists*, Tulsa, Okla
- Victoria, I., A. Cabal, R. García, M. Hernández, H. Puentes. 1990. **Características oceanográficas de la Fosa de Jagua y de la zona económica exclusiva al Sur de Cuba .** inédito. *Informe final de Tema. Archivo Científico.* Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba
- Vinogradov, M.E., E.A. Shushkina. 1987. **Funcionamiento de las comunidades planctónicas epipelágicas del océano** (en ruso) *Nauka*, Moscú, 240p
- Yentsch C.S. 1982. **Satellite Observation of Phytoplankton Distribution. Associated with Large Scale Oceanic Circulation.** NAFO Sci. Coun. Studies, 4: 53-59.

Figuras

- [Fig. 1:](#) Mapa de la zona de trabajo y las 6 estaciones de las series temporales.
- [Fig. 2:](#) Promedio de verano (abril-septiembre) de 1978 a 1986.
- [Fig. 3:](#) Promedio de invierno (octubre-marzo) de 1978 a 1986.
- [Fig. 4:](#) Promedio anual de 1978 a 1986.
- [Fig. 5:](#) Gráfico con las series temporales de la concentración de pigmentos en la zona.
- [Fig. 6:](#) Estacionalidad aditiva de la densidad de pigmentos referida a la media anual.

Autoría del Boletín: [faustino](#)

Copyright © 1998 [Sociedad Meteorológica de Cuba](#)

Última modificación: June 16, 2005

[Homepage Institute of Meteorology](#)

[Acerca de este Boletín](#)

[Contáctenos](#)

[Sociedad Meteorológica de Cuba](#)

